

# Моделі надійності параметричного синтезу компонентів

Лазько О.В.

Національний Університет «Львівська політехніка», [ol.lazko@gmail.com](mailto:ol.lazko@gmail.com)

## ВСТУП

Проблему моделювання надійності систем сумісно працюючих компонентів розглянуто у полі співвідношення їх стиковальних параметрів  $X_{k-1, \text{вих}}$  і  $X_{k, \text{вх}}$  з відповідними щільностями їх розподілів  $f(X_{k-1, \text{вих}})$  і  $f(X_{k, \text{вх}})$ . Вид законів розподілів стиковальних параметрів компонентів  $X_{k-1, \text{вих}}$  і  $X_{k, \text{вх}}$  не змінюється в процесі експлуатації пристроїв, а самі значення цих параметрів можуть бути змінними у часі [1].

У роботі розглянуто найбільш типові комбінації таких розподілів та проведено оцінку імовірності безвідмовної роботи.

## Нормальний розподіл

$$f(X_{k-1, \text{вих}}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{X_{k-1, \text{вих}}}} e^{-\frac{(X_{k-1, \text{вих}} - m_{X_{k-1, \text{вих}}})^2}{2\sigma_{X_{k-1, \text{вих}}}^2}} \quad (1)$$

$$f(X_{k, \text{вх}}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{X_{k, \text{вх}}}} e^{-\frac{(X_{k, \text{вх}} - m_{X_{k, \text{вх}}})^2}{2\sigma_{X_{k, \text{вх}}}^2}} \quad (2)$$

імовірність безвідмовної роботи  $P(t)$  визначається залежністю 3

$$P(t) = \begin{cases} 0, & -\infty < t < 0 \\ \frac{1}{2} + \Phi \left[ \frac{m_{X_{k, \text{вх}}}(t) - m_{X_{k-1, \text{вих}}}(t)}{\sqrt{\sigma_{X_{k, \text{вх}}}^2 + \sigma_{X_{k-1, \text{вих}}}^2}} \right], & 0 \leq t < \infty \end{cases} \quad (3)$$

## Розподіл Релея.

Якщо стиковальні параметри  $X_{k-1, \text{вих}}$  і  $X_{k, \text{вх}}$  компонентів розподілені за законом Релея, то їх щільності описуються формулами 4 та 5

$$f(X_{k-1, \text{вих}}) = \frac{X_{k-1, \text{вих}}}{C^2} e^{-\frac{X_{k-1, \text{вих}}^2}{2C^2}} \quad (4)$$

$$f(X_{k, \text{вх}}) = \frac{X_{k, \text{вх}}}{\mu^2} e^{-\frac{X_{k, \text{вх}}^2}{2\mu^2}} \quad (5)$$

відповідно

$$P(t) = \begin{cases} 0, & -\infty < t \leq 0 \\ 1 - \frac{1}{1\eta^2\phi^2(t)}, & 0 < t < \infty \end{cases} \quad (6)$$

## Логарифмічно-нормальний розподіл

Щільності логарифмічно нормальних розподілів стиковальних параметрів компонентів описуються формулами 7 та 8

$$f(X_{K-1, \text{ВНХ}}) = \frac{1}{X_{K-1, \text{ВНХ}} \sqrt{2\pi \ln \left\{ \frac{\sigma_{X_{K-1, \text{ВНХ}}}^2}{m_{X_{K-1, \text{ВНХ}}}^2} + 1 \right\}}} \times \\ \times \exp \left\{ - \frac{\ln X_{K-1, \text{ВНХ}} - \ln m_{K-1, \text{ВНХ}} + \frac{1}{2} \ln \left\{ \frac{\sigma_{X_{K-1, \text{ВНХ}}}^2}{m_{X_{K-1, \text{ВНХ}}}^2} + 1 \right\}}{2 \ln \left\{ \frac{\sigma_{X_{K-1, \text{ВНХ}}}^2}{m_{X_{K-1, \text{ВНХ}}}^2} + 1 \right\}} \right\}; \quad (7)$$

$$f(X_{K, \text{ВХ}}) = \frac{1}{X_{K, \text{ВХ}} \sqrt{2\pi \ln \left\{ \frac{\sigma_{X_{K, \text{ВХ}}}^2}{m_{X_{K, \text{ВХ}}}^2} + 1 \right\}}} \times \\ \times \exp \left\{ - \frac{\ln X_{K, \text{ВХ}} - \ln m_{K, \text{ВХ}} + \frac{1}{2} \ln \left\{ \frac{\sigma_{X_{K, \text{ВХ}}}^2}{m_{X_{K, \text{ВХ}}}^2} + 1 \right\}}{2 \ln \left\{ \frac{\sigma_{X_{K, \text{ВХ}}}^2}{m_{X_{K, \text{ВХ}}}^2} + 1 \right\}} \right\} \quad (8)$$

Імовірність безвідмовної роботи системи сумісно працюючих компонентів визначиться інтегралом – формула 9

$$P(t) = 0,5 + \Phi \left( - \frac{m_{K, \text{ВХ}} - m_{K-1, \text{ВНХ}}}{\sqrt{\sigma_{X_{K, \text{ВХ}}}^2 + \sigma_{X_{K-1, \text{ВНХ}}}^2}} \right) \quad (9)$$

де  $\Phi \left( - \frac{m_{K, \text{ВХ}} - m_{K-1, \text{ВНХ}}}{\sqrt{\sigma_{X_{K, \text{ВХ}}}^2 + \sigma_{X_{K-1, \text{ВНХ}}}^2}} \right)$  – функція Лапласа.

## Розподіл Вейбулла.

Щільності розподілів стиковальних параметрів описуються формулами 10 та 11:

$$f(X_{K-1, \text{ВНХ}}) = \frac{a}{X_{0, K-1, \text{ВНХ}}} \cdot X_{K-1, \text{ВНХ}}^{a-1} e^{-\frac{X_{K-1, \text{ВНХ}}^a}{X_{0, K-1, \text{ВНХ}}^a}} \quad (10)$$

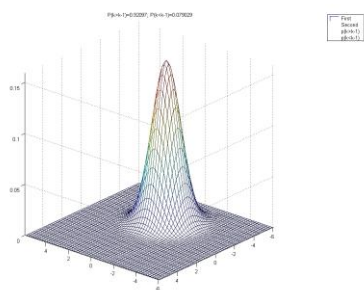
$$f(X_{K, \text{ВХ}}) = \frac{a}{X_{0, K, \text{ВХ}}} \cdot X_{K, \text{ВХ}}^{a-1} e^{-\frac{X_{K, \text{ВХ}}^a}{X_{0, K, \text{ВХ}}^a}} \quad (11)$$

Імовірність безвідмовної роботи  $P(t)$

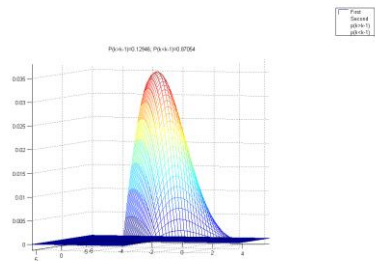
$$P(t) = 1 - \frac{1}{\eta^a + 1} \quad \eta = \frac{m_{X_{K, \text{ВХ}}}}{m_{X_{K-1, \text{ВНХ}}}}$$

.Приклади оцінювання імовірності безвідмовної роботи за допомогою програмного комплексу AVALON [2] приведені на рис.1.

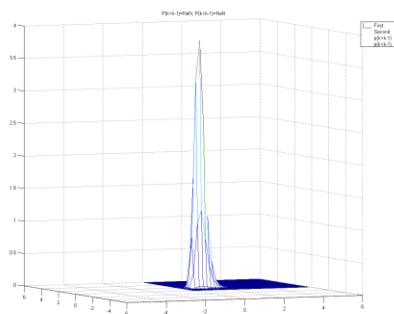
a



b



c



d

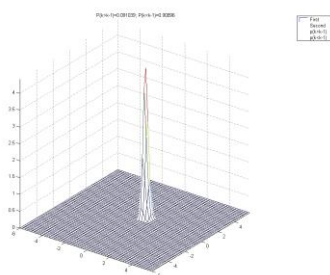


Рис.1. Приклади оцінювання імовірності безвідмовної роботи за допомогою програмного комплексу AVALON для нормального (а), Релея (б), логарифмічно-нормального (с) та закону Вейбулла (d)

### ВИСНОВОК

Показано методику визначення імовірності безвідмовної роботи для типових співвідношень стиковальних параметрів компонентів. Сформульовано рекомендації, що дають можливість підвищити імовірність безвідмовної роботи, зокрема використання квазінормальних математичних розподілів, таких як моделі Грамма-Шарльє та Еджворта[3].

## ЛІТЕРАТУРА

- [1] Лазько О. Композиції початкових розподілів параметрів РЕП і розподілів їх відхилень у процесі експлуатації //Вісник ДУ "Львівська політехніка" Електроенергетичні та електромеханічні системи. □ Львів, 2000. — №400. — С.66-70.
- L. Nedostup, Yu. Bobalo, O. Lazko. Reliability software AVALON. Proceeding of V International Workshop "СРЕЕ2003". – Jaglivetz (Ukraine).–2003. P.62-63.
- Лазько О. Моделювання квазінормальних розподілів параметрів пристроїв рядами Грама-Шарлье та Еджворта // Вісник ДУ "Львівська політехніка". Електроенергетичні та електромеханічні системи. □ Львів, 1999. □ №372. □ С.86-91.

ISBN

978-5-8114-1068-2











